

Capítulo • 2

Cultivo do meloeiro em condições de elevados níveis de dióxido de carbono e de temperatura na atmosfera

*Marlos Alves Bezerra
Laise Ferreira de Araújo
Amanda Soraya Freitas Calvet
Cristhyan Alexandre Carcia de Carvalho*

Introdução

O aumento de CO₂ e da temperatura na atmosfera, devido ao cenário futuro de mudanças climáticas, poderá interferir no metabolismo fisiológico e produtivo das plantas. Estudos apontam que, até o final do século 21, a concentração de CO₂ passará dos atuais 384 ppm para 720 ppm, e como consequência, a temperatura média da Terra poderá aumentar de 2,5 °C a 7,8 °C (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). Nesse cenário, espécies com metabolismo fotossintético C₃ poderão ser as mais beneficiadas com o aumento da concentração de CO₂, por apresentar maior ponto de compensação desse gás (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, altas temperaturas podem resultar em estresse, devido a um conjunto de mudanças morfoanatômicas, fisiológicas e bioquímicas, que possivelmente afetarão seu desenvolvimento (WAHID et al., 2007).

O meloeiro, que é uma espécie com metabolismo fotossintético C₃, poderá ser influenciado pelos efeitos dos aumentos de CO₂ e da temperatura, afetando diretamente sua cadeia produtiva. Carvalho (2015), estudando a interação entre o incremento de CO₂ (400 ppm e 900 ppm) e a temperatura (34 °C e 42 °C) no meloeiro, concluiu que o crescimento das plantas foi influenciado positivamente, pela combinação entre alta concentração de CO₂ e menor temperatura e, negativamente, pelo aumento da temperatura, independentemente da concentração de CO₂.

Este capítulo tem como objetivo discutir os efeitos causados pela elevação



da temperatura e concentração de CO₂ na fisiologia e produtividade das plantas em geral e no meloeiro, em particular.

Efeitos do aumento da concentração de CO₂ ambiente sobre as plantas

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), a concentração de CO₂ no ambiente, nas últimas décadas, aumentou de 250 μmol CO₂ mol⁻¹, antes da revolução industrial, para 350 μmol CO₂ mol⁻¹, em 1989. Atualmente, a concentração de CO₂ é de 384 μmol mol⁻¹, com aumentos anuais de 5 μmol mol⁻¹, podendo atingir 550 μmol mol⁻¹, em 2050, e ultrapassar 700 μmol mol⁻¹, no fim deste século.

Essa alteração na concentração de CO₂ atmosférico provocará um efeito sobre o comportamento fisiológico das plantas, já que o dióxido de carbono é importante para a fotossíntese e pode influenciar os processos metabólicos delas (REZENDE et al., 2015). Entretanto, esse comportamento, em relação ao aumento de CO₂ atmosférico, difere entre as plantas, principalmente devido ao seu metabolismo fotossintético (plantas C₃ ou C₄). A diferença está na rota de fixação de CO₂, que nas plantas C₄ é mais eficiente, e a perda de carbono durante o processo de fotorrespiração é desprezível. Por outro lado, as plantas C₃ podem perder até 50% de seu carbono recém-fixado durante a fotorrespiração (PIMENTEL et al., 2007).

Estudos apontam incrementos médios de 30% na produtividade de várias culturas C₃, como o meloeiro, em condições controladas de temperatura e umidade, quando submetidas à atmosfera com o dobro da concentração atual de CO₂ (720 ppm). Em condições de campo, entretanto, os ganhos de produtividade foram bem menores (FUHRER, 2003).

Experimentos com culturas C₃, como a pimenta-tabasco (PAULA et al., 2011), o pepino (*Cucumis sativus*) (KOSOBRYUKHOV, 2009), o arroz (ROY et al., 2012) e o pinheiro (CROUS et al., 2008), evidenciaram resposta positiva (aumento da produtividade) dessas plantas ao enriquecimento do ambiente com CO₂, seja em condições controladas ou em condições de campo.

De acordo com Kimball et al. (2002), concentrações elevadas de CO₂, em condições controladas, estimulam a biomassa, em gramíneas C₃, em 12%; o rendimento de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) e de arroz (*Oryza sativa*



L.), ambos C3, em 10% a 15%; e a produção de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.), em 28%. Sob limitação na oferta de nutrientes (principalmente de N) e com enriquecimento de CO₂ livre no ar (experimentos em FACE), o estímulo na produção de grãos de trigo é de apenas 7%. Por outro lado, estímulo relativamente maior foi observado sob condições limitadas de água (KIMBALL et al., 2002), mostrando que a resposta das plantas ao aumento de CO₂ depende de outros condicionantes.

O aumento da concentração de CO₂ reduziu a condutância estomática de duas cultivares de feijão-caupi, cultivadas sob as mesmas condições, em 33,57% e 60,10%, respectivamente (BARBOSA et al., 2011), mostrando ainda que as respostas também dependem do componente genético. Ainda segundo esses autores, a cultivar Marataoã reduziu a transpiração em 26,82%, em ambiente enriquecido com CO₂.

Da mesma forma, Silva et al. (2011), avaliando diferentes variedades de melancia (C₃) sob duas concentrações de CO₂ (360 ppm e 550 ppm), em câmaras de crescimento, verificaram que as plântulas das variedades Charleston Gray e Fairfax submetidas a 550 ppm de CO₂ apresentaram massa fresca da parte aérea e da raiz superiores à das 'Crimson Sweet' e 'Congo'. O mesmo comportamento foi observado para massa seca da raiz da cultivar Charleston Gray.

Grandis (2010), estudando as respostas fotossintéticas da espécie amazônica *Senna reticulata*, sob elevado CO₂ (cerca de 28%), observou efeitos significativos na taxa fotossintética das plantas, aos 30 e 45 dias. O aumento da fotossíntese nessas plantas pode ser explicado pelo aumento de pressão de CO₂, no sítio ativo da enzima Rubisco.

Efeitos do aumento da temperatura ambiente sobre as plantas

Estima-se que, até 2050, a temperatura média do Brasil será de 3 °C a 6 °C mais alta do que no final do século 20 (PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2014). Nesse cenário, estima-se que, até 2050, o clima influencie na perda de 10% de tudo o que for plantado no País. A região Nordeste deverá apresentar a maior redução na área de baixo risco para várias culturas, em comparação com as demais regiões do País, fazendo com que a área cultivada seja reduzida em 15%, de 2010 para 2040 (PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2014). No cenário pessimista, com maior aumento de temperatura



(6 °C), o Semiárido brasileiro poderá se tornar uma região árida (MARENGO, 2006).

O aumento da temperatura será um dos determinantes mais importantes do impacto do aquecimento global na produtividade das culturas (AINSWORTH; ORT, 2010). Isso ocorre uma vez que a temperatura afeta todas as reações bioquímicas do processo de fotossíntese.

As respostas das plantas à temperatura são complexas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Quando a temperatura se eleva acima do ótimo, a fotossíntese começa a decrescer gradual e reversivelmente, no início, e paulatina e irreversivelmente, após atingir a temperatura crítica (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Altas temperaturas (> 45 °C) podem causar danos diretos ao aparato fotossintético, por provocar mudanças na membrana do tilacoide e alterar suas propriedades físico-químicas. Logo, para se aclimatarem ao aquecimento, as plantas dependem da capacidade das enzimas fotossintéticas e dos tilacoides em manter taxas elevadas de fotossíntese, sob altas temperaturas (YAMORI et al., 2014).

Segundo Long (1991), teoricamente, plantas com metabolismo fotossintético C_3 , como o meloeiro, submetidas à elevada concentração de CO_2 , devem obter maiores taxas fotossintéticas em temperaturas mais elevadas, pois o aumento na concentração de CO_2 pode neutralizar maiores taxas de oxigenação da Rubisco e, conseqüentemente, a fotorrespiração. Essa teoria é suportada pela observação de que, em soja, a resposta relativa ao CO_2 na captação do carbono diurno e, conseqüentemente, na fotossíntese, aumentou com a temperatura máxima diária (BERNACCHI et al., 2006).

Contudo, existem poucas evidências diretas de que o estímulo relativo do aumento na concentração de CO_2 na produção de biomassa ou rendimento de plantas C_3 seja maior em temperaturas mais elevadas (CARVALHO, 2015). Experimentos em *free air carbon dioxide enrichment* (FACE) com arroz sugerem que a resposta relativa ao CO_2 no rendimento da cultura diminui, com o aumento crescente da temperatura, ao longo das estações (HASEGAWA et al., 2013). Isso se deve ao fato de a temperatura ótima para a fotossíntese, em culturas C_3 , nem sempre ser a mesma temperatura ótima para o rendimento. Assim, temperaturas mais elevadas podem ter um impacto mais negativo sobre os processos reprodutivos do que sobre a fotossíntese (HATFIELD et al., 2011). Segundo Roy et al. (2012), com incremento de 2 °C na temperatura, o rendimento do arroz foi diminuído, sendo considerado que a alta temperatura poderia ter induzido a esterilidade das panículas do cereal.



Por outro lado, com o aumento da temperatura do ambiente, Martinez et al. (2014) verificaram que o aquecimento favoreceu o desempenho fotossintético do fotossistema II (FS II), o crescimento, o índice de área foliar e a produção de biomassa, durante a fase vegetativa de crescimento de *Stylosanthes capitata* (leguminosa). Gabriel et al. (2014) também constataram que o aumento de temperatura, projetada em cenários climáticos futuros, em geral, não deve diminuir a produtividade de raízes tuberosas de mandioca, especialmente na África, onde essa cultura tem papel fundamental na segurança alimentar.

Efeito do aumento da temperatura no meloeiro

A cultura do melão (*Cucumis melo* L.) é muito sensível à temperatura do ar, não tolerando geadas em qualquer estágio do seu crescimento. As faixas de temperatura, nos diferentes estádios fenológicos do meloeiro, são: para a germinação, a temperatura pode variar de 18 °C a 45 °C, situando-se a ideal entre 25 °C e 35 °C; para o desenvolvimento da cultura, a faixa ótima é de 25 °C a 30 °C (abaixo de 12° C, seu crescimento é paralisado); para a floração, a temperatura ótima situa-se entre 20 °C e 23 °C. Temperaturas elevadas (> 35 °C) estimulam a formação de flores masculinas e, acima de 37 °C, ocasionam problemas na maturação (COSTA, 2010).

Oliveira (2008) constatou que temperaturas elevadas influenciaram negativamente, em meloeiros, o teor de açúcar, o sabor, o aroma e a consistência dos frutos, características decisivas no momento da comercialização. Além da temperatura do ar, a prática de modificar o microclima, como a utilização de *mulching* no solo, deve ser levada em consideração, especialmente se a temperatura do ar não for medida nas proximidades das plantas (ALBERT et al., 2010).

Plantas de meloeiro Amarelo (híbrido Goldex), cultivadas em câmaras de crescimento, sob temperaturas contínuas de 37 °C e 40 °C, durante 30 dias de crescimento após o transplantio (Figura 1), não mostraram diferenças significativas para as variáveis de trocas gasosas (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) (ARAÚJO et al., 2015a). Da mesma maneira, Carvalho (2015), trabalhando com diferentes temperaturas (30 °C, 34 °C, 38 °C e 42 °C) não observou influência nas trocas gasosas do meloeiro amarelo (híbrido Goldex) cultivado em câmaras de crescimento, sob elevadas temperaturas (38 °C e 42 °C), indicando que as plantas adaptam suas trocas gasosas às temperaturas,



sob as quais estão sendo cultivadas. Quando se analisaram os teores de carboidratos foliares, houve aumento na porcentagem de carboidratos simples nas folhas, especialmente glicose, e redução no dissacarídeo sacarose, nas plantas cultivadas sob temperaturas mais elevadas.

Fotos: Laise Ferreira de Araújo

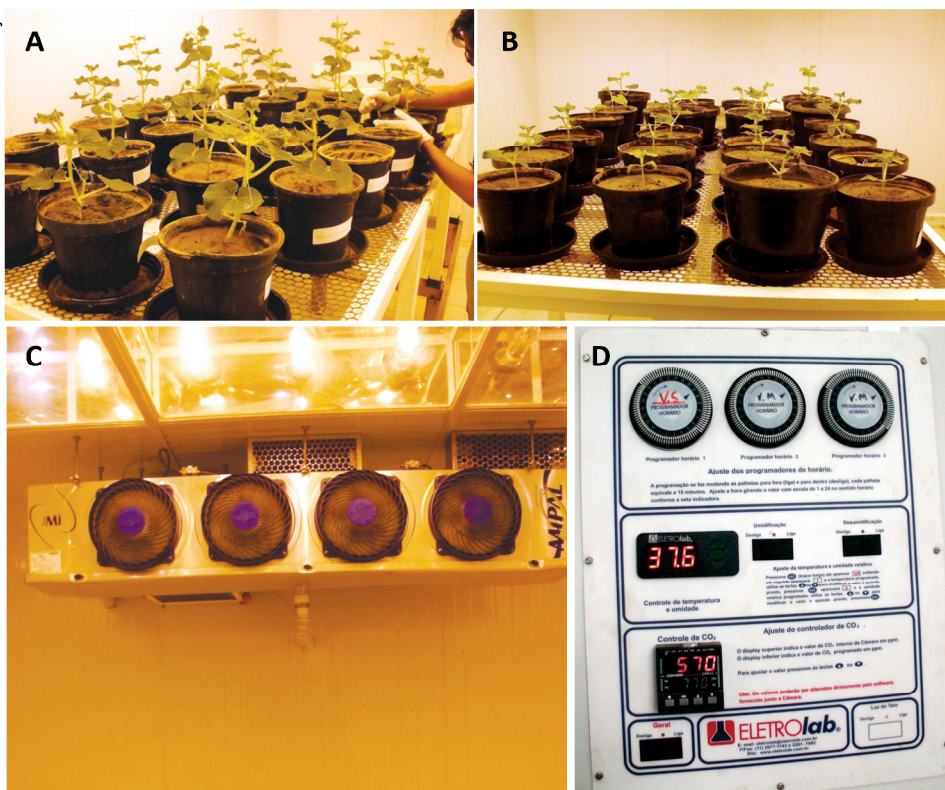


Figura 1. Câmara de crescimento: (A e B) mudas de meloeiro para estudos sobre efeito da temperatura nas plantas; (C) sistema de iluminação e umidificação; (D) painel para regulação das condições ambientais. Petrolina, PE.

Fonte: Araújo et al. (2015a).

Em condições de alta temperatura, a abertura estomática é pouco afetada, sendo o efeito maior sobre a ultraestrutura cloroplástica, ativando a senescência e a ação de enzimas proteolíticas e lipolíticas (STARCK et al., 1993), todavia, esse fato não foi observado por Araújo et al. (2015a). Além disso, como a fotossíntese é mais afetada do que a respiração, por altas temperaturas (TAIZ;



ZEIGER, 2013), é possível inferir que o ponto de compensação de temperatura, para essas variáveis, não foi alcançado.

Por outro lado, aos 30 dias após o transplante, todas as variáveis relacionadas ao crescimento das plantas de melão foram reduzidas, sob 40 °C, exceto o comprimento da raiz e da parte aérea. O número de folhas e a área foliar foram reduzidas em 12,16% e 23,40%, respectivamente, e a massa fresca da parte aérea e da raiz foram reduzidas em 10,30% e 36%, respectivamente, (ARAÚJO et al., 2015a), mostrando que o alongamento e a divisão celular foram afetados.

De modo semelhante, Carvalho (2015), utilizando câmaras de crescimento, verificou que elevadas temperaturas (38 °C e 42 °C) retardaram o crescimento do meloeiro amarelo (híbrido Goldex). A diminuição do número de folhas, em temperaturas mais elevadas, foi em decorrência da redução no desenvolvimento das gemas axilares e apical, ao passo que, para área foliar, foi provavelmente o mecanismo de defesa da planta que a diminuiu, para minimizar a perda de água por transpiração. Também foram reduzidos a altura da planta, o comprimento do caule e o desenvolvimento da raiz, com a influência negativa da última podendo limitar a melhor absorção de água e nutrientes.

Segundo Ristic et al. (2007), a produção de clorofila das plantas de trigo, que tem o mesmo metabolismo fotossintético do melão, foi reduzida quando submetida a elevada temperatura, tendo em vista que a membrana do tilacoide tem sensibilidade a esse fator. Isso não foi observado por Carvalho (2015), que, em geral, não encontrou diferenças nas médias de clorofila, determinadas pelo Índice SPAD.

Bouzo e Küchen (2012), estudando o efeito da temperatura em diferentes cultivares de melão, na Argentina, concluíram que houve diferenças no desenvolvimento das cultivares (número de ramificações e de folhas) em resposta à temperatura, principalmente entre as cultivares precoces Sundew, Honey Max (Honeydew) e DRT (Charentais), e as tardias Fila (Amarelo) e Ruidera (Pele de Sapo). Para o tamanho do fruto, as cultivares Fila e Ruidera obtiveram os maiores valores, enquanto a cultivar DRT apresentou o menor valor.

Pontes (2014), estudando o efeito da temperatura no meloeiro, com uso de câmaras, em condições de campo, no Município de Pacajus, CE (Figura 2), verificou que, com o aumento médio de 2 °C (Figura 3), as trocas gasosas não foram influenciadas, e a qualidade dos frutos foi pouco influenciada, havendo somente redução da cavidade interna dos frutos, tornando-os mais firmes.



Fotos: Marios Alves Bezerra



Figura 2. Câmaras para aumento da temperatura em plantas de meloeiro cultivadas em condições de campo: (A) visão geral; (B) interior da câmara. Pacajus, CE.

Fonte: Araújo et al. (2015b).

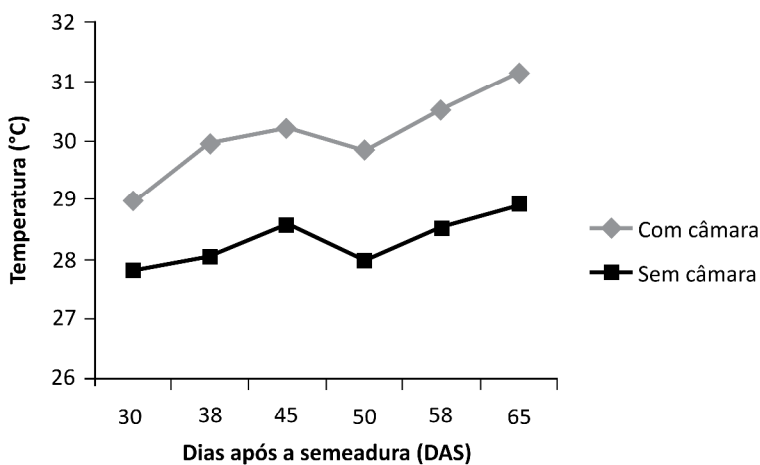


Figura 3. Temperatura média do ar no período experimental, nos dois ambientes de cultivo do meloeiro.

Fonte: Pontes (2014).



Aliada aos efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas, a elevação da temperatura afeta a taxa de polinização e a consequente produção de frutos, em plantas de meloeiro. Isso ocorre porque, além dos vários compostos orgânicos e inorgânicos, a temperatura influencia significativamente a germinação e na viabilidade dos grãos de pólen, interferindo diretamente na fecundação dos óvulos e, conseqüentemente, no pegamento dos frutos (CHAGAS et al., 2010; RAMOS et al., 2008), afetando a taxa de polinização das plantas.

A redução de cerca de 1 °C na temperatura média, em função da utilização de cobertura plástica (mulching), na fase de crescimento das plantas, aumentou o número de visitas de *A. mellifera* coletando pólen, nas flores do meloeiro hermafroditas (Tabela 1), o que contribuiu para maior produção de frutos nessas plantas (CALVET et al., 2013; BEZERRA et al., 2012).

Tabela 1. Número médio de visitas de *A. mellifera* por tipo floral e por recurso coletado, em área de meloeiro cultivado com e sem cobertura plástica.

Tipo de cultivo	Tipo floral			
	Masculina		Hermafrodita	
	Néctar	Pólen	Néctar	Pólen
Com cobertura	2,29	7,27	5,98	7,15
Sem cobertura	2,09	6,83	6,01	5,81

Fonte: Calvet et al. (2013).

Na Espanha, a elevação das temperaturas, em função de mudanças climáticas, prejudicou a floração e uma menor quantidade de melões foi produzida, em 2015. No Nordeste brasileiro, maior produtor de melão no Brasil, o aumento da temperatura poderá causar queda da produtividade e redução da área plantada. Além disso, o aumento da temperatura poderá reduzir a qualidade dos frutos, com ruptura da casca dos frutos nos pontos mais fracos, em razão da elevada transpiração e do acúmulo de mucilagem em suas células, resultando em uma diminuição da qualidade do fruto (GARCIA et al., 2015).

Influência do elevado nível de CO₂ nas plantas de meloeiro

Plantas de meloeiro Amarelo cultivadas durante 30 dias após o transplântio, sob alta concentração atmosférica de CO₂ (550 ppm), em estufas de



topo aberto modificadas (Figura 4), praticamente não apresentaram estômatos afetados (condutância estomática), embora a injeção de CO_2 nas câmaras tenha favorecido um aumento na temperatura (de 39°C para 42°C , na média, entre 9 h e 12 h). A transpiração também foi aumentada, provavelmente devido ao correto suprimento de água (ARAÚJO et al., 2015b).

Por sua vez, a fotossíntese do meloeiro foi aumentada com a elevação da concentração de CO_2 disponível para as plantas (ARAÚJO et al., 2015b). Em plantas C_3 , que é o caso do meloeiro, o aumento do CO_2 atmosférico acima do ponto de compensação estimula a função carboxilase da Rubisco, em detrimento da função oxigenase (fotorrespiração), fazendo com que a planta aumente sua taxa de fixação de CO_2 (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A elevação dos níveis de CO_2 pode resultar em maiores taxas de fotossíntese e de crescimento das plantas C_3 , e em menores taxas de transpiração e fotorrespiração, com reflexos diretos na produtividade (SAGE, 1994).

Foto: Laíse Ferreira de Araújo



Figura 4. Câmaras de injeção de CO_2 utilizadas para o cultivo do meloeiro. Petrolina, PE.

Fonte: Araújo et al. (2015b).

Entretanto, mesmo com valores de transpiração e fotossíntese líquida elevados, o tratamento com CO_2 (550 ppm) foi o que obteve menor crescimento (Figura 5), havendo decréscimo de 51,3% e 80,0%, respectivamente, para número de folhas e área foliar. Para o comprimento da raiz, o decréscimo foi de 26,9% (ARAÚJO et al., 2015b), sugerindo que as taxas de alongamento e divisão



celulares foram afetadas negativamente pelo aumento da temperatura nesse ambiente, causado pela presença do plástico e pela maior concentração de CO_2 , pois esse gás absorve calor. Isso mostra que um fator não pode ser estudado isoladamente, haja visto que as mudanças climáticas provocam efeito em vários fatores ambientais, que interagem para afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

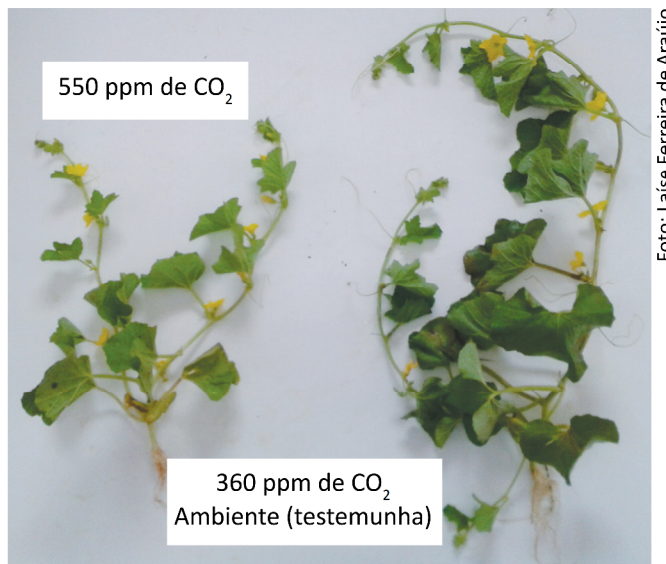


Figura 5. Plantas de meloeiro com 30 dias após o transplante, cultivadas com alta concentração de CO_2 (550 ppm) – à esquerda, e concentração de CO_2 ambiente (360 ppm – testemunha) – à direita. Petrolina, PE.

Fonte: Araújo et al. (2015b).

Lloyd e Farquhar (2008) defendem que o aumento do CO_2 , nas próximas décadas, compensará qualquer redução na fotossíntese causada pelo aumento da temperatura. Por outro lado, Grandis et al. (2010) afirmam que, em termos fisiológicos, é possível que os efeitos do aumento da concentração de CO_2 combinado com elevadas temperaturas se somem positivamente, principalmente em espécies de crescimento rápido.

Carvalho (2015), trabalhando com interação entre o incremento de CO_2 (400 ppm e 900 ppm) e altas temperaturas (34 °C e 42 °C), em plantas de meloeiro cultivadas em câmaras de crescimento (Figura 6), verificou que, nos níveis



citados, praticamente não houve alteração nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila, muito embora o crescimento das plantas tenha sido influenciado, positivamente, pela combinação 34 °C + 900 ppm de CO₂ e, negativamente, pelo aumento da temperatura, enriquecida ou não de CO₂. As plantas submetidas à combinação de 34 °C + 900 ppm de CO₂ apresentaram mais que o dobro de massa fresca e seca, de parte aérea e raiz, do que o tratamento com mesma temperatura sem adição de CO₂, demonstrando que o dióxido de carbono foi efetivo para essas variáveis. Esse comportamento foi consequência do maior crescimento das plantas, como pode ser confirmado pela altura, diâmetro, número de folhas e área foliar. Por outro lado, as plantas submetidas a elevada temperatura (42 °C), combinada ou não com CO₂, apresentaram efeito contrário (CARVALHO, 2015). Segundo diversos autores, o aumento da temperatura do ar anula o efeito benéfico do CO₂, nos cultivos de arroz (WALTER et al., 2010) e soja (RUIZ-VERA et al., 2013), milho e trigo (STRECK; ALBERTO, 2006).

Fotos: Cristhyan Alexandre Garcia de Carvalho

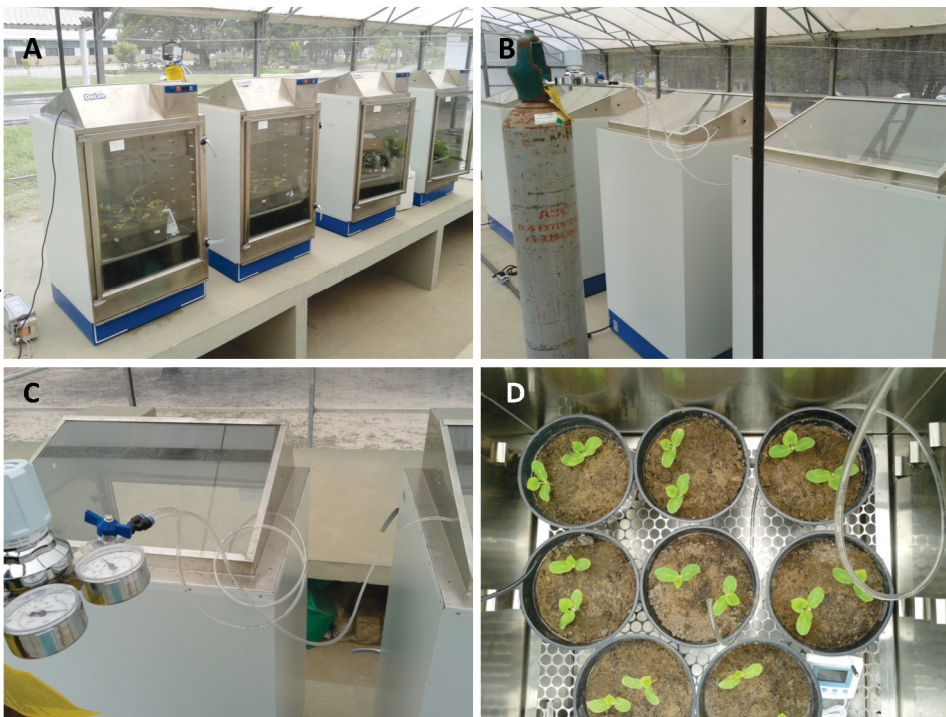


Figura 6. Câmaras de crescimento com sistema adaptado para temperatura e injeção de CO₂.



Mavrogianopoulos et al. (1999), trabalhando em ambiente protegido verificaram que o aumento de CO_2 na atmosfera (800 ppm e 1.200 ppm) aumentou as taxas fotossintéticas do meloeiro em 75% e 120%, independentemente da salinidade, havendo maior produção de carboidratos. Essa maior produção reverteu parcialmente os efeitos negativos da salinidade sobre a fotossíntese, que por sua vez reduziu os danos da salinidade nos crescimentos da parte aérea e das folhas e no conteúdo de clorofila, embora o maior rendimento do melão tenha sido verificado na concentração mais baixa de salinidade. Assim, espera-se que, em áreas moderadamente salinas, o efeito de fertilização, induzido pelo aumento na concentração de CO_2 atmosférico, proporcione impacto benéfico sobre o crescimento e produção de melão, desde que as temperaturas não se elevem acentuadamente.

O uso de CO_2 adicionado por meio da água de irrigação é uma prática utilizada que produz bicarbonato, o qual é absorvido pelas plantas, provocando aumento na fixação de CO_2 . No meloeiro, essa prática pode ser adotada, sendo recomendado que seja realizada nos estádios fenológicos adequados, no período compreendido entre o início do florescimento, quando 80% das flores masculinas estão abertas, e o início da frutificação, quando ocorre 80% de pegamento dos frutos (FRIZZONE et al., 2005).

Pinto et al. (2006) verificaram que a aplicação de CO_2 e nitrogênio via água de irrigação aumentou a produtividade do meloeiro, não afetando significativamente as características químicas do fruto. Esses autores também constataram que o uso de CO_2 otimiza os efeitos de fertilizantes nitrogenados. Já Frizzone et al. (2005), aplicando CO_2 e K_2O via água de irrigação, obtiveram efeito significativo do CO_2 sobre acidez total, teor de sólido solúveis e pH da polpa dos frutos do meloeiro.

Considerações finais

No cenário futuro de mudanças climáticas, a elevação da concentração de CO_2 do ambiente estará sempre associada ao aumento da temperatura ambiente. Dessa forma, o efeito benéfico da fertilização natural com CO_2 pode ser sobrepujado pela influência negativa das altas temperaturas.

Além de a temperatura elevada por si só afetar negativamente o metabolismo vegetal, irá promover maiores taxas transpiratória e respiratória. Isso resultará em maior consumo de água e nutrientes pelas plantas, que, por



sua vez exigirá que o manejo da cultura seja aperfeiçoado, com melhorias na eficiência do uso da água e dos nutrientes.

Referências

AINSWORTH, E. A.; ORT, D. R. How do we improve crop production in a warming world? **Plant Physiology**, v. 154, p. 526-530, 2010.

ALBERT, T.; KARP, K.; STARAST, M.; PAAL, T. The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry. **Agronomy Research**, v. 8, n. 1, p. 759-769, 2010.

ARAÚJO, L. F. de; BARROS, J. R. A.; BARROS, J. R.; BEZERRA, M. A.; ANGELOTTI, F. Desenvolvimento inicial e trocas gasosas do meloeiro sob temperatura elevada. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Experiências e oportunidades para o desenvolvimento**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015a. (Embrapa Semiárido. Documentos, 262). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125320/1/28-1.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2015.

ARAÚJO, L. F. de; OLIVEIRA, N. P. dos S.; SILVA, R. M. e; BEZERRA, M. A.; ANGELOTTI, F. Influência do aumento do CO₂ no crescimento inicial e nas trocas gasosas do meloeiro amarelo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. especial, p. 439-453, 2015b.

ARAÚJO, S. A. do C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BARBOSA, L. G.; SANTOS, R. M.; PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; AIDAR, S. de T.; SANTOS, C. A. F. Comportamento fisiológico de feijão-caupi sob diferentes concentrações de CO₂. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Experiências para mitigação e adaptação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 239). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51209/1/Fran7.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

BERNACCHI, C. J.; LEAKEY, A. D. B.; HEADY, L. E.; MORGAN, P. B.; DOHLEMAN, F. G.; MCGRATH, J. M. Hourly and seasonal variation in photosynthesis and stomatal conductance of soybean grown at future CO₂ and ozone concentrations for 3 years under full open-air field conditions. **Plant, Cell & Environment**, v. 29, p. 2077-2090, 2006.

BEZERRA, M. A.; CALVET, A. S. F.; FARIAS, F. C.; ARAÚJO, L. F. de; KIILL, L. H. P. Comportamento dos visitantes florais do meloeiro em cultivo convencional com cobertura plástica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69642/1/Kiill.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2014.



BOUZO, C. A.; KÜCHEN, M. G. Effect of temperature on melon development rate. **Agronomy Research**, v. 10, n. 1-2, p. 283-294, 2012.

CALVET, A. S. F.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C.; ARAÚJO, L. F. de; LIMA, R. E.; SIQUEIRA, K. M. M. Visitantes florais de Cucumis melo L. (Cucurbitaceae), em Pacajus-CE. In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE, 18., 2013, Maceió. **Do oceano ao sertão**: livro de resumos e programa oficial. Maceió: Universidade Federal de Alagoas: Sociedade Nordestina de Zoologia, 2013. p. 251.

CARVALHO, C. A. C. de. **Impacto do estresse térmico e de CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro**. 2015. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

CHAGAS, E. A.; PIO, R.; CHAGAS, P. C.; PASQUAL, M.; BETTIOL NETO, J. M. Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 231-236, 2010.

COSTA, N. D. (Ed.). **Sistema de produção de melão**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 5).

CROUS, K. Y.; WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. Elevated CO₂ concentration affects leaf photosynthesis–nitrogen relationships in Pinus taeda over nine years in FACE. **Tree Physiology**, v. 28, p. 607-614, 2008.

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. da S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 707-717, 2005b.

FRIZZONE, J. A.; D' ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; REZENDE, R. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro cultivado em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 667-675, 2005a.

FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 97, p. 1-20, 2003.

GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; SILVA, M. R. da; SILVA, S. D. da. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 90-98, 2014.

GARCIA, J. B.; COSTA, I.; JULIÃO, L.; PAGLIUCA, L. G. Melão. **Hortifruti Brasil Magazine**, n. 151, nov. 2015. Disponível em: <https://issuu.com/hfbrasil/docs/hf151_>. Acesso em: 30 nov. 2015.

GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 1-12, 2010.



HASEGAWA, T.; SAKAI, H.; TOKIDA, T.; NAKAMURA, H.; ZHU, C.; USUI, Y. Rice cultivar responses to elevated CO₂ at two free-air CO₂ enrichment (FACE) sites in Japan. **Functional Plant Biology**, v. 40, p. 148-159, 2013.

HATFIELD, J. L.; BOOTE, K. J.; KIMBALL, B. A.; ZISKA, L. H.; IZAURRALDE, R. C.; ORT, D. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 351-370, 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.

KIMBALL, B. A.; KOBAYASHI, K.; BINDI, M. Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment. **Advances in Agronomy**, v. 77, p. 293-368, 2002.

KOSOBRYUKHOV, A. A. Activity of the photosynthetic apparatus at periodic elevation of CO₂ concentration. **Russian Journal Plant Physiology**, v. 56, p. 8-16, 2009.

LLOYD, J.; FARQUHAR, G. D. Effects of rising temperatures and [CO₂] on the physiology of tropical forest trees. **Philosophical Transactions and Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, v. 363, p. 1811-1818, 2008.

LONG, S. P. Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by Atmospheric CO₂ concentrations: has its importance been underestimated? **Plant, Cell & Environment**, v. 14, p. 729-739, 1991.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 159p. il. (Biodiversidade, 26).

MARTINEZ, C. A.; BIANCONI, M.; SILVA, L.; APPROBATO, A.; LEMOS, M.; SANTOS, L.; CURTARELLI, L.; RODRIGUES, A.; MELLO, T.; MANCHON, F. Moderate warming increases PSII performance, antioxidant scavenging systems and biomass production in *Stylosanthes capitata* Vogel. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 58-67, 2014.

MAVROGIANOPOULOS, G. N.; SPANAKIS, J.; TSIKALAS, P. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. **Scientia Horticulturae**, v. 79, p. 51-63, 1999.

OLIVEIRA, A. M. **Aspectos técnicos e ambientais da produção de melão na Zona Homogênea Mossoroense, com ênfase ao controle da mosca-branca e da mosca minadora**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Base científica das mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: COPPE: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Contribuição do Grupo



de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. 464 p.

PAULA, F. L. M. de; FRIZZONE, J. A.; PAULA, A. L. de; DIAS, C. T. dos S.; SOARES, T. M. Produção de pimenta tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 133-138, 2011.

PIMENTEL, C.; BERNACCHI, C.; LONG, S. Limitations to photosynthesis at different temperatures in leaves of Citrus lemon. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 141-147, 2007.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. de; FEITOSA FILHO, J. C. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro, em função de nitrogênio e de CO₂ aplicados via fertirrigação. **Irriga**, v. 11, n. 2, p. 198-207, 2006.

PONTES, C. A. **Trocas gasosas e qualidade dos frutos de meloeiro amarelo cultivado em diferentes temperaturas**. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SALLES, L. A.; ALVES, C. E.; PIO, R. Stigma receptivity and in vitro citrus pollen grains germination protocol and adjustment. **Interciencia**, Caracas, v. 33, n.1, p. 51-55, 2008.

REZENDE, F. M. de; SOUZA, A. P. de; BUCKERIDGE, M. S.; FURLAN, C. M. Is guava phenolic metabolism influenced by elevated atmospheric CO₂? **Environmental Pollution**, v. 196, p. 483-488, 2015.

RISTIC, Z.; BUKOVNIK, U.; PRASAD, P. V. V. Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. **Crop Science**, v. 47, p. 2067-2073, 2007.

ROY, K. S.; BHATTACHARYYA, P.; NEOGI, S.; RAO, K. S.; ADHYA, T. K. Combined effect of elevated CO₂ and temperature on dry matter production, net assimilation rate, C and N allocations in tropical rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops Research**, v. 139, p. 71-79, 2012.

RUIZ-VERA, U.; SIEBERS, M.; GRAY, S.; DRAG, D.; ROSENTHAL, D.; KIMBALL, B.; ORT, D.; BERNACCHI, C. Global warming can negate the expected CO₂ stimulation in photosynthesis and productivity for soybean grown in the Midwestern United States. **Plant Physiology**, v. 162, p. 410-423, 2013.

SAGE, R. F. Acclimation of photosynthesis to increasing atmospheric CO₂. The gas exchange perspective. **Photosynthesis Research**, v. 39, p. 351-368, 1994.

SILVA, R. de C. B. da; LOPES, A. P.; RIOS, E. S.; REIS, R. C. R.; ARAÚJO, M. N.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas a diferentes concentrações de CO₂. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO



NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Experiências para mitigação e adaptação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. (Embrapa Semiárido. Documentos, 239).

STARCK, Z.; WAZYNSKA, Z.; KUCEWICZ, O. Comparative effects of heat stress on photosynthesis and chloroplast ultrastructure in tomato plants with source-sink modulated by growth regulators. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 15, p. 125-133, 1993.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 199-223, 2007.

WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; KRUGER, C. A. M. B. Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, 2010.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, v. 119, p. 101-117, 2014.